

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-147075
(P2000-147075A)

(43) 公開日 平成12年5月26日 (2000.5.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 R 31/36		G 0 1 R 31/36	A 2 G 0 1 6
B 6 0 L 11/18		B 6 0 L 11/18	A 5 G 0 0 3
G 0 5 F 1/67		G 0 5 F 1/67	Z 5 H 0 3 0
H 0 1 M 10/48		H 0 1 M 10/48	P 5 H 1 1 5
H 0 2 J 7/00		H 0 2 J 7/00	M 5 H 4 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-313644
(22) 出願日 平成10年11月4日 (1998.11.4)

(71) 出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(72) 発明者 小林 徹也
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
(74) 代理人 100081776
弁理士 大川 宏

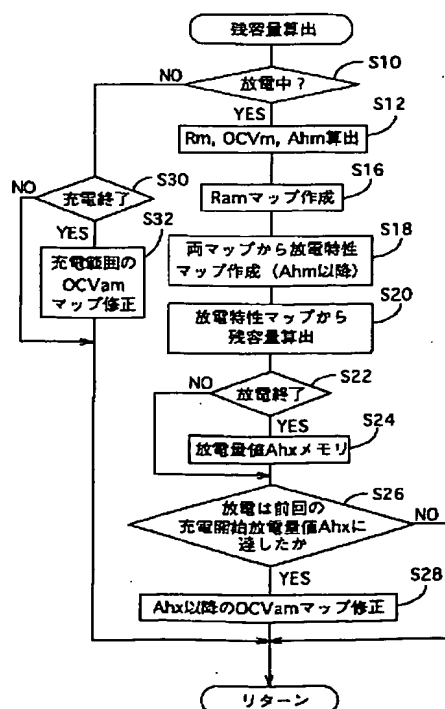
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電池の残存容量演算装置

(57) 【要約】

【課題】 演算誤差が小さい電池の残存容量演算装置を提供すること。

【解決手段】 電池の開放電圧特性と内部抵抗特性とから基準放電電力値における放電電圧と放電量との関係を示す放電特性マップを形成し (S 2 6)、この放電特性マップを積算して残存容量を求める (S 2 8)。これにより、メモリ効果による残存容量低下と電池劣化による残存容量低下とを分別して残存容量を求めることができるので、正確に電池の残存容量を推定することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 充放電可能な電池の放電電圧及び放電電流を検出する検出手段、

前記放電電流 A に基づいて放電量の今回値を算出する放電算出手段、

前記放電電圧及び放電電流に基づいて電池の内部抵抗の今回値及び開放電圧の今回値を算出する開放電圧算出手段、

前記電池の内部抵抗と放電量との過去の関係を示す内部抵抗特性、及び、前記電池の開放電圧と放電量との過去の関係を示す開放電圧特性を記憶する放電特性記憶手段、

前記内部抵抗の今回値及び開放電圧の今回値並びに前記内部抵抗特性及び開放電圧特性に基づいて残存容量を演算する残存容量演算手段、

を備えることを特徴とする電池の残存容量演算装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の電池の残存容量演算装置において、

前記残存容量演算手段は、

前記開放電圧の今回値を変数とする所定の関数で過去の前記開放電圧特性を変形して前記残存容量演算用の今回の前記開放電圧特性を形成し、

前記内部抵抗の今回値を変数とする所定の関数で過去の前記内部抵抗特性を変形して前記残存容量演算用の今回の前記内部抵抗特性を形成し、

前記今回の内部抵抗特性及び前記今回の開放電圧特性に基づいて残存容量を演算することを特徴とする電池の残存容量演算装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載の電池の残存容量演算装置において、

前記残存容量演算手段は、

前記今回の内部抵抗特性及び前記今回の開放電圧特性に基づいて求めた前記放電電圧と前記放電量との関係を示す放電特性を、現在の放電量値から所定の放電終了放電量値まで積分して残存容量を演算することを特徴とする電池の残存容量演算装置。

【請求項 4】 請求項 2 記載の電池の残存容量演算装置において、

前記残存容量演算手段は、

前記過去の開放電圧特性上で前記放電量の今回値に対応する仮想の開放電圧値と前記開放電圧の今回値との間の電圧差を、前記メモリ効果の量が異なる放電量範囲ごとにそれぞれ記憶し、

前記放電量範囲ごとに前記電圧差だけ前記過去の開放電圧特性をスライドして前記今回の開放電圧特性を形成することを特徴とする電池の残存容量演算装置。

【請求項 5】 請求項 2 記載の電池の残存容量演算装置において、

前記残存容量演算手段は、

前記過去の内部抵抗特性上で前記放電量の今回値に対応

する仮想の内部抵抗値と前記内部抵抗の今回値との間の抵抗比を求め、前記過去の内部抵抗特性を前記抵抗比だけ伸長して前記今回の内部抵抗特性を形成することを特徴とする電池の残存容量演算装置。

【請求項 6】 請求項 2 記載の電池の残存容量演算装置において、

前記残存容量演算手段は、

前記過去の内部抵抗特性上で前記内部抵抗の今回値に対応する仮想の放電量値と前記放電量の今回値との間の放電量比を求め、前記過去の内部抵抗特性を前記放電量比だけ圧縮して前記今回の内部抵抗特性を形成することを特徴とする電池の残存容量演算装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の電池の残存容量演算装置において、

前記残存容量演算手段は、

前記放電が深く、かつ、前記内部抵抗の今回値が所定値より大きい場合に、前記放電量比に基づく前記圧縮により前記今回の内部抵抗特性を求めることを特徴とする電池の残存容量演算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、たとえば電気自動車に搭載する電池の残存容量または劣化度を演算する電池の残存容量演算装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 電気自動車に用いる二次電池は充放電を繰り返すことにより、劣化により放電可能な容量が徐々に低下していくので、電池劣化を加味した残存容量（本明細書では放電可能電力量（ワット）又は放電量（アンペアアワー）を言うものとする）を正確に知ることが要求されている。このため、放電電圧 V と残存容量との関係をマップに記憶しておき、検出した放電電圧 V をこのマップに代入して残存容量を求める手法が従来より採用されている。なお、この方式では、上記関係が電池のメモリ効果の影響により変動するので、メモリ効果発生時の放電電圧 V と残存容量との関係を学習するようにしている。

【0003】 特開平 7-55903 号公報は、電流積算によって求めた放電量 Ah を、あらかじめ記憶する満充電容量（満充電状態から所定の放電終止条件までの放電で得られる放電量）から差し引いて、残存容量を求めることを提案している。特開平 8-278352 号公報は、計測した放電電圧及び放電電流とから、所定基準電流値における放電電圧に対応する残存容量を算出するとともに、計測した放電電圧及び放電電流とからなるデータがいままで収集したデータに比較して特異的な場合には残存容量算出を中止することを提案している。

【0004】 ところが、これら従来の残存容量演算方式では、放電特性の劣化が電池劣化により生じたのかメモリ効果により生じたのかを区別できないため、正確に残

存容量を演算することが困難であり、誤差が大きいという問題があった。そこで、本出願人の出願になる特開平 1 0 - 2 4 6 7 6 0 号は、放電電圧 V と放電量 Ah との関係を示す初期特性マップをメモリ効果及び電池劣化に基づいてそれぞれ別々に修正して現在の放電電圧 V と放電量 Ah との関係を示す放電特性を形成し、この放電特性により決定される放電領域の面積を積分して残存放電可能電力量を求め、この残存放電可能電力量を残存容量として推定する方式（残存放電可能電力量推定式残存容量演算方式）を提案した。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した残存放電可能電力量推定方式においても、充放電を繰り返すうちに放電特性の形状、特に放電電圧の変化が顕著となる放電終期における放電特性の形状が、初期放電特性の形状からずれた残存容量演算誤差が大きくなるという問題があった。

【0006】本発明は上記問題点を鑑み、残存容量を正確に演算可能な電池の残存容量演算装置を提供することをその目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題の解決のためになされた請求項 1 記載の電池の残存容量演算装置によれば、電池の内部抵抗と放電量との過去の関係を示す内部抵抗特性、電池の開放電圧と放電量との過去の関係を示す開放電圧特性、内部抵抗の今回値及び開放電圧の今回値に基づいて残存容量を演算する。すなわち、本構成では、残存容量を内部抵抗と放電量との関係、及び、開放電圧と放電量との関係に基づいて推定する。

【0008】このようにすれば、次に詳細に説明する理由により、メモリ効果を有する電池の残存容量を従来より格段に正確に推定することができる。請求項 2 記載の構成によれば請求項 1 記載の電池の残存容量演算装置において更に、開放電圧の今回値を変数とする所定の関数で過去の開放電圧特性を変形して今回の前記開放電圧特性を形成し、内部抵抗の今回値を変数とする所定の関数で過去の内部抵抗特性を変形して今回の前記内部抵抗特性を形成し、これら両今回の特性に基づいて残存容量を演算する。このようにすれば、メモリ効果を有する電池の残存容量を従来より格段に正確に推定することができる。

【0009】すなわち、請求項 1 又は 2 記載の残存容量演算方式の特徴は、内部抵抗特性（内部抵抗と放電量との関係）及び開放電圧特性（開放電圧と放電量との関係）を用いることにより、残存容量を演算する。このようにすれば、電池の容量減少に対する電池劣化の影響と、メモリ効果の影響を正確に分別することができるので、正確に残存容量を演算することができる。言い換えれば、本構成では、電池劣化に起因する容量低下を推定した内部抵抗特性に基づいて推定し、メモリ効果に起因

する容量低下を推定した開放電圧特性に基づいて推定するので、両電池容量低下原因を明瞭に分別して正確に残存容量を推定することができる。

【0010】更に説明すれば、電池は、等価回路的に、内部抵抗がない所定の開放電圧をもつ理想電池と、その内部抵抗に等しい抵抗素子とを直列接続した等価回路で表すことができる。この等価回路において、メモリ効果は電池の開放電圧の低下をもたらす、電池劣化は電池の内部抵抗の増大をもたらす。このことは、本出願人により出願された特開平 1 0 - 2 4 6 7 6 0 号によって明らかである。

【0011】したがって、メモリ効果による電池特性変化を開放電圧の変化として抽出し、電池劣化によるそれを内部抵抗の変化として抽出し、これら二つの容量低下要因を区別することが容易であるので、正確に残存容量の演算を行うことができる。なお、内部抵抗特性及び開放電圧特性に基づいて残存容量を演算するには、たとえば請求項 3 に記載するように、今回の内部抵抗特性及び今回の開放電圧特性に基づいて求めた放電電圧と放電量との関係を示す放電特性を求め、この放電特性を現在の放電量値から所定の放電終了放電量値まで積分して残存容量を演算することができる。

【0012】結局、今回すなわち現時点の内部抵抗特性及び開放電圧特性が各放電量の値ごとに正確に推定できれば、それらに基づいて放電電圧と放電量との関係を容易に求めることができ、その積分により残存容量を正確に推定することができる。ちなみに、開放電圧を OCV 、内部抵抗を r とすれば、放電電圧 $V = OCV + A \cdot r$ である。

【0013】図 2 にこの状態を模式的に示す。C1 は基準とする過去の放電特性、C2 は更に劣化した電池の現在の放電特性である。所定放電量値 $AH0$ における両者の電圧差 ΔV は、メモリ効果による開放電圧の差 ΔV_0 と、電池劣化により内部抵抗 r が Δr だけ増大したことに起因する電圧差 $\Delta V_r = A \cdot \Delta r$ との合計である。ここで重要なことは、放電量変化に伴う開放電圧の変化（すなわち、両者の間の関数関係）が、放電量変化に伴う内部抵抗の変化（すなわち、両者の間の関数関係）とまったく異なることである。両者がまったく同じであれば、放電量変化に伴う開放電圧の変化と放電量変化に伴う内部抵抗の変化とを区別する必要は存在しない。

【0014】メモリ効果による開放電圧の変化（低下）は、同じメモリ効果が生じている放電量範囲では同じであり、したがって、過去の開放電圧特性が確定していれば、ある放電量値でこの過去の開放電圧特性上での開放電圧値と今回（実測）の開放電圧値が分かれば両者の差だけ、過去の開放電圧特性をスライド（レベルダウン）させることにより今回の開放電圧特性を正確に推定することができる。

【0015】すなわち、請求項 4 に記載するように、過

去の開放電圧特性上で放電量の今回値に対応する仮想の開放電圧値と開放電圧の今回値との間の電圧差をメモリ効果の量が異なる放電範囲ごとにそれぞれ記憶し、放電範囲ごとにこの電圧差だけ過去の開放電圧特性をスライドして今回の開放電圧特性とすればよい。なお、メモリ効果による開放電圧の低下は、充電開始点から充電終了点までの放電範囲において、この充電によりほぼ解消されるとみなすことができる。したがって、満充電状態と完全放電状態との間にて、それぞれ充電開始点や充電終了点が異なる複数の部分放電を実施した後では、各放電範囲で開放電圧がそれぞれ異なることがわかる。したがって、それぞれ充電履歴が異なる放電範囲ごとに等放電量値に対応する過去の基準とする開放電圧の値と今回の開放電圧の値との間の電圧差をそれぞれメモリし、このメモリ値により過去の基準とする開放電圧特性のスライド量を変更すればよいことがわかる。

【0016】その例を図3に模式的に示す。この図では、C3は初期開放電圧特性であり、C4は、最初、放電量値Ah1まで放電後、満充電がなされ、その後、放電量値Ah2まで放電後、満充電がなされ、その後の放電における開放電圧を示す。 $\Delta V1$ は放電量値Ah1～Ah2の放電範囲でのメモリ効果による開放電圧低下を示し、 $\Delta V2$ は放電量値Ah2以降の放電範囲でのメモリ効果による開放電圧低下を示す。

【0017】これに対し、電池劣化による内部抵抗の変化（増加）は、放電が深くなるにつれて（放電量の増大につれて）増大する傾向をもつ。したがって、今回の内部抵抗特性を過去の内部抵抗特性から推定するには、このような傾向を良好に示す関数で上記過去の内部抵抗特性を処理して今回の内部抵抗特性とする必要がある。そこで、本明細書では、請求項5、6に記載するように、以下に説明する二つの方法で、過去の基準とする内部抵抗特性の変形を行っている。

【0018】まず、請求項5記載の方法では、過去の内部抵抗特性上で放電量の今回値に対応する仮想の内部抵抗値と、内部抵抗の今回値との間の抵抗比を求め、過去の内部抵抗特性の内部抵抗軸をこの抵抗比だけ伸長して今回の内部抵抗特性とする。このようにすれば、放電が進行して過去の内部抵抗特性上の内部抵抗値が増大するに依じて今回の内部抵抗特性上の内部抵抗値も増大するので上記傾向に対応することができるため、今回の内部抵抗特性と今回の真の内部抵抗特性との間の誤差を良好に減らすことができることが明らかである。

【0019】次に、請求項6記載の方法では、過去の内部抵抗特性上で内部抵抗の今回値に対応する仮想の放電量値と、放電量の今回値との間の放電量比を求め、過去の内部抵抗特性の放電量軸をこの放電量比だけ圧縮して今回の内部抵抗特性とする。このようにすれば、放電が進行して過去の内部抵抗特性上の内部抵抗値が増大するに依じて今回の内部抵抗特性上の内部抵抗値も増大する

ので上記傾向に対応することができるため、今回の内部抵抗特性と今回の真の内部抵抗特性との間の誤差を良好に減らすことができることが明らかである。

【0020】なお、電池は劣化が進行するほど深放電状態において放電量の増大に応じた内部抵抗が特異的に増大することがわかっている。放電終期において電池劣化進行にしたがって、放電量増大による内部抵抗の増大の様子を図4に模式的に示す。C5は初期内部抵抗特性であり、C6は電池劣化が進んだ内部抵抗特性である。したがって、この放電終期における電池劣化時の内部抵抗の特異的な増大に対応した内部抵抗算出用関数と、その他の放電範囲における内部抵抗算出用関数（放電終期特異的内部抵抗増加表現関数という）とを切り替えて、今回の内部抵抗特性を過去の基準となる内部抵抗特性から演算することができる。上述した請求項6記載の内部抵抗算出方式は、この放電終期における電池劣化時の内部抵抗の特異的な増大（他の放電範囲よりも急激に内部抵抗が増大する現象）を良好に示すことができる。

【0021】特に、放電終期特異的内部抵抗増加表現関数は、内部抵抗特性が徐々に変化していくことに鑑み、過去の基準とする内部抵抗特性をできるだけ直前の内部抵抗特性、好ましくは前回放電時の内部抵抗特性とすることが好適である。なお、上記請求項1～7記載の発明において、残存容量演算に用いる今回の開放電圧特性及び今回の内部抵抗特性を演算するための過去の開放電圧特性及び過去の内部抵抗特性は、直前の充電前の前回の放電において演算した前回の開放電圧特性及び前回の内部抵抗特性とすることができ、これは内部抵抗が不可逆的に徐々に変化する内部抵抗特性演算に特に好適である。

【0022】また、上記過去の開放電圧特性及び過去の内部抵抗特性は、初期（電池供用初期）時の初期開放電圧特性及び初期内部抵抗特性とすることができ、これは開放電圧が充電により可逆的に回復する開放電圧特性演算に特に好適である。更に、電池使用時に満充電または所定の放電量値から完全放電まで放電される場合があった場合、この時の開放電圧特性及び内部抵抗特性を記憶し、その後はこれを基準に今回の開放電圧特性及び内部抵抗特性を上記方法で演算することも、誤差を減らす好適な方法である。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の電池の残存容量演算装置の好適な実施形態を図面に沿って以下に説明する。

【0024】

【実施例】（装置構成）図1は、本発明に係るハイブリッド車用の残存容量演算装置の一例を示すブロック図である。1は電池、2はハイブリッド車の回転電機を含む動力伝達手段であって、エンジン及び車両駆動軸に連結されてそれらと電池との間で電力の形態でエネルギー授受を行う。3は、電池1に対して入出力する直流電力

と、動力伝達手段 2 に対して入出力する交流電力との変換を行う双方向電力変換装置である。これら動力伝達手段 2 や双方向電力変換装置 3 の構成は周知であり、かつ、本発明の要旨でもないので更に詳しい説明は省略する。なお、この実施例の電池の残存容量演算手段は、ハイブリッド車ではなく、内燃機関を搭載せず電池のみで走行する形式の電気自動車にも適用できることはもちろんである。

【0025】電池 1 は、多数の Ni-MH 電池を直列接続してなる組み電池からなり、電流センサ 5 はその充放電電流を検出し、温度センサ 6 はその温度を検出し、これら電流、温度は電池 1 の出力電圧とともに電池劣化度を算出して表示するマイコン構成のコントローラ 4 に入力される。

(残存容量算出ルーチン 1) 以下、図 5 に示すフローチャートを参照して、この実施例の残存容量算出プロセスの一例を説明する。

【0026】まず、現在放電中かどうかを調べ (S10)、放電中であれば S12 へ進み、放電中でなければ S26 へ進む。S12 では、実測した放電電圧 V、放電電流 A の各今回値から実測内部抵抗 (内部抵抗の今回値) R_m 及び実測開放電圧 (開放電圧の今回値) OCV_m を算出し、更に放電の最初から現在までの放電電流 A を累算して放電量の今回値 A_h_m を求める。

【0027】なお、実測内部抵抗 R_m は、最近検出した放電電圧 V と放電電流 A とのペアで規定される点を多数、V-A 二次元平面にプロットしてその一次近似直線を決定し、その傾斜率 ($\Delta V / \Delta A$) により求める。次に、検出した放電電流 A と実測内部抵抗 R_m を掛けてその電圧降下を求め、この電圧降下を上記放電電圧 V の今回値に加算して実測開放電圧 OCV_m を求める。

【0028】次に、今回放電における内部抵抗特性を示す R_a_m マップを作成する (S16)。なお、この実施例では、この R_a_m マップは、直前の充電前の前回の放電時に作成した前回 R_a_m マップを修正して作成するものとする。また、最初に作成する R_a_m マップはあらかじめ記憶する初期内部抵抗特性を示す初期 R_a_m マップを修正して作成することはもちろんである。

【0029】まず、前回 R_a_m マップに実測内部抵抗 R_m を代入して、この前回 R_a_m マップ上で実測内部抵抗 R_m に対応する仮想的な放電量の値 A_h_x を求める。次に、放電量 A_h の今回値 A_h_m と仮想値 A_h_x との比を求め、この比で、前回 R_a_m マップを示す二次元平面の放電量を示す軸 (放電量軸という) を比例圧縮する操作 (容量減少操作) を行って今回の R_a_m マップとする。

【0030】なお、今回の R_a_m マップをどのように作成するかには種々の方法が考えられるが、過去の所定放電回めの R_a_m マップの各内部抵抗値にそれぞれ所定の変換関数を示すマップの各変換係数値を掛けて求めることもできる。更に、この変換関数を示すマップを放電回

数の累積とともに書き換えることもできる。次に、あらかじめ記憶する開放電圧マップ OCV_a_m と上記 R_a_m マップとから基準放電電力値での放電特性マップを作成する (S18)。なお、ここでいう基準放電電力値での放電特性とは、所定の基準放電電力 (ここでは 2 kW) を放電する場合の電池の出力電圧 (放電電圧) V と放電量 A_h との関係を示す特性である。

【0031】更に説明すると、任意の放電量 A_h の値に対応する放電電圧 V は、この放電量 A_h の値に対応して補正開放電圧特性から求めた開放電圧値 OCV' と、この放電量 A_h の値に対応して補正内部抵抗特性から求めた内部抵抗値 R' から次の二次関数式により算出される。ただし、W は基準放電電力値、A はこの放電量 A_h における放電電流値である。

【0032】

$$V = OCV' - R' \cdot A = OCV' - R' \cdot W / V$$

次に、S18 で求めた放電特性から残存容量の演算を行う (S20)。すなわち、上記放電特性を、放電量 A_h の今回値 A_h_m から電池がもはや所定の基準放電電力で放電できない放電量まで積分して、基準放電電力放電可能な残存容量を求める。

【0033】次に、放電が終了して充電開始したかどうかを調べ (S22)、そうでない場合には S26 へジャンプし、そうである場合にはこの充電開始直前の放電量値 A_h_x を記憶する (S24)。これは、メモリ効果による開放電圧低下が、次の放電においてこの放電量値 A_h_x から始まるからである。次に、放電が直前の充電動作開始時点の放電量値 A_h_x にまで達したかどうかを調べる (S26)。達していなければ S28 における開放電圧マップ OCV_a_m の書き換えは行わずにメインルーチンにリターンし、達していれば、記憶する開放電圧マップ OCV_a_m 上でのこの時点の放電量 A_h の今回値 A_h_x に対応する前回の開放電圧値 OCV_x と、放電量 A_h の今回値 A_h_x に対応する今回の実測開放電圧 OCV_m との差 ΔV を求め、記憶する開放電圧マップ OCV_a_m のこの放電量 A_h の今回値 A_h_m より大きい放電量範囲において、開放電圧を ΔV だけ下方にスライドさせる (S28)。これにより直前のメモリ効果による開放電圧低下を開放電圧マップ OCV_a_m に書き込むことができる。もちろん、最初の充電の後での開放電圧マップ OCV_a_m の修正は、あらかじめ記憶する初期開放電圧特性を示す初期 R_a_m マップを用いて行う。

【0034】次に、S10 にて、放電中でなければ、充電が終了したかどうかを調べ (S30)、そうでないならメインルーチンにリターンし、充電が終了したら、記憶する開放電圧マップ OCV_a_m 中のこの充電動作がなされた充電量範囲の開放電圧の値をあらかじめ記憶する初期開放電圧特性 (すなわち初期開放電圧 OCV マップ) の値に回復させる。これにより、メモリ効果による開放電圧低下分の充電動作による回復作用を開放電圧マ

ップOCV_{am}に反映させることができる。

(残存容量算出ルーチン2)以下、図6～図7に示すフローチャートを参照して、この実施例の残存容量算出プロセスを説明する。

【0035】・実測パラメータ算出(ステップS100)、

まず、実測した放電電圧V、放電電流Aの各今回値から実測内部抵抗R_m及び実測開放電圧OCV_mを算出し、更に放電の最初から現在までの放電電流Aを累算して放電量の今回値A_{hm}を求める。なお、実測内部抵抗R_mは、最近検出した放電電圧Vと放電電流Aとのペアで規定される点を多数、V-A二次元平面にプロットしてその一次近似直線を決定し、その傾斜率($\Delta V / \Delta A$)により求める。次に、検出した放電電流Aと実測内部抵抗R_mを掛けてその電圧降下を求め、この電圧降下を上記放電電圧Vの今回値に加算して実測開放電圧OCV_mを求める。

【0036】・関連する初期パラメータ算出(ステップS102)

次に、電池の運用初期時における初期内部抵抗R_{ini}と放電量との関係を示す初期内部抵抗特性(あらかじめ初期内部抵抗マップとして記憶)に上記した放電量の今回値A_{hm}の値を代入して、放電量の今回値A_{hm}に対応する初期内部抵抗特性上の初期内部抵抗R_{ini}の今回値を求め、更に、この初期内部抵抗R_{ini}の今回値と、検出した放電電圧Vの今回値及び放電電流Aの今回値とから上記初期内部抵抗R_{ini}の今回値に対応する初期開放電圧OCV_{ini}の今回値(=R_{ini}・A+V)を算出する。

【0037】・放電終期判断(ステップS106)

次に、放電終期における内部抵抗の補正のために、現在、放電終期(又は放電後半期)かどうかの判断材料として現時点における初期特性上の残存容量の今回値Q_{rini}を算出する。この初期特性上の残存容量の今回値Q_{rini}は、あらかじめ記憶する初期時満充電容量Q_{rfull}(Ah)から上記した放電量の今回値A_{hm}(Ah)を差し引いた値である。

【0038】次に、初期特性上の残存容量の今回値Q_{rini}が初期時満充電容量Q_{inifull}に所定の定数xを掛けて求めた所定のしきい値未満かどうかを調べる。そして、未満であれば、放電終期又は放電後半期であって電池の内部抵抗の特異的な増大が生じる可能性があるとして判断して次のS110へ進み、以上であれば上記放電終期における特異的な内部抵抗の増大現象が生じる可能性はなく、S114で行うその補正は不要としてS122へジャンプする。つまり、この判断ステップは、上記放電終期における特異的な内部抵抗Rの増大現象が生じるはずがない浅い放電量領域において、S114で行う内部抵抗補正操作を誤って実施することがないようにするためのものである。たとえば、定数xは1未

満の定数であり、たとえば0.5に設定される。

【0039】なお、S106では、初期特性上の残存容量の今回値Q_{rini}と初期時満充電容量Q_{inifull}との比較により、放電終期または放電後半期かどうかを判定したが、前回求めた満充電容量A_hと現在の放電量A_hとの同様の比較によりそれを求めてもよく、初期時における所定放電電力での放電による満充電容量と、今までの上記所定放電電力での放電による放電容量との同様の比較によりそれを求めてもよい。

【0040】・放電終期における内部抵抗増大判定(ステップS110)

次に、前回求めた補正内部抵抗特性(補正内部抵抗R_{amend}と放電量A_hとの関係を示す特性、前回R_{am}マップともいう)に上記した放電量A_hの今回値A_{hm}の値を代入して、この放電量A_hの今回値A_{hm}に対応する前回R_{am}マップ上における補正内部抵抗R_{amend}の値(前回値という)R_{ambefore}を求める。

【0041】次に、実測内部抵抗R_mが、このR_{ambefore}に所定の定数yを掛けて求めた所定のしきい値を超えるかどうかを調べ、超えれば上記放電終期における特異的な内部抵抗の増大現象が生じているものと判断してS112へ進み、以下であれば上記増大現象は生じておらず、それを補償するS114における補正は不要であると判断してS116へ進む。たとえば定数yは1を超える定数である。

【0042】なお、S110では、上記した放電量A_hの今回値A_{hm}に対応する前回R_{am}マップ上の内部抵抗値R_{ambefore}と実測内部抵抗R_mとの比較により放電終期における内部抵抗急増現象の発生の有無を判定したが、放電量A_hの今回値A_{hm}に対応する初期内部抵抗特性上の補正内部抵抗R_{ini}の前回値R_{inibefore}と実測内部抵抗R_mとの比較により放電終期における内部抵抗急増現象の発生の有無を判定してもよい。

【0043】・放電終期の内部抵抗急増現象の補正1(ステップS112)

次に、直前の充電前の前回放電時に求めた補正内部抵抗特性(前回R_{am}マップ)に実測内部抵抗R_mを代入して、この前回R_{am}マップ上で実測内部抵抗R_mに対応する放電量の値A_{hx}を求める。なお、S112では、直前の充電前の前回放電時に求めた補正内部抵抗特性(前回R_{am}マップ)に実測内部抵抗R_mを代入して、この前回R_{am}マップ上で実測内部抵抗R_mに対応する放電量の値A_{hx}を求めたが、初期内部抵抗特性(初期R_{am}マップ)に実測内部抵抗R_mを代入して、この初期R_{am}マップ上で実測内部抵抗R_mに対応する放電量の値A_{hx}を求めてもよい。

【0044】・放電終期の内部抵抗急増現象の補正2(ステップS114)

次に、放電量Ahの今回値Ahmと上記前回Ramマップ上の放電量の値Ahxとの比を求め、この比で、前回Ramマップを示す二次元平面の放電量を示す軸線（放電軸という）を比例圧縮する操作（容量減少操作）を行って今回の補正内部抵抗特性（今回Ramマップ）を求める。

【0045】なお、S114では、放電量Ahの今回値Ahmと上記前回Ramマップ上の放電量の値Ahxとの比で前回Ramマップの放電軸を比例圧縮したが、その代わりに、放電量Ahの今回値Ahmと初期Ramマップ上の放電量の値Ahxiniとの比で初期Ramマップの放電軸を比例圧縮してもよい。なお、この放電終期の内部抵抗急増現象は、放電終期に出現する現象であるので、上記放電軸の圧縮操作による前回内部抵抗特性（前回Ramマップ）の修正は、S110で内部抵抗急増を検出した時点の放電値より大きい放電量の範囲でのみ実施され、この時点以前の放電範囲ではこの放電軸の圧縮操作は実施しない。

【0046】これにより、放電終期における内部抵抗急増現象を補正内部抵抗Ramendと放電量Ahとの関係を示す前回補正内部抵抗特性（前回Ramマップ）に反映させて、今回補正内部抵抗特性（今回Ramマップ）を求めることができる。

・電池劣化による内部抵抗増大に対する補正1（ステップS116）

次に、S106、S110の判定で、放電が浅い放電範囲であると判定した場合、若しくは、内部抵抗急増が生じていないと判定した場合には、前回Ramマップ上において放電量Ahの今回値Ahmに対応する補正内部抵抗Ramendの値（前回値という）Rambeforeと、実測内部抵抗Rmとを比較し、実測内部抵抗Rmが、この前回Ramマップ上の等価的な内部抵抗の値Rambeforexに所定の定数zを掛けたしきい値より大きいかどうかを調べ、大きい場合には、電池劣化による内部抵抗増加が前回の補正内部抵抗特性（前回Ramマップ）の修正を必要となほど進行したと判定して次のS120へ進み、以下であれば電池劣化による内部抵抗増加が前回の補正内部抵抗特性（前回Ramマップ）の修正を必要とするほど進行していないと判定してS122へジャンプする。

・電池劣化による内部抵抗増大に対する補正2（ステップS120）

次に、前回Ramマップが表示される二次元平面の内部抵抗を示す軸（内部抵抗軸）を、実測内部抵抗Rmと、放電量Ahの今回値Ahmに対応する前回Ramマップ上の内部抵抗の値Rambeforeとの比率で伸長（抵抗値増大）して今回の補正内部抵抗特性（今回Ramマップ）とする。すなわち、ある放電量の値Ah0に対する今回Ramマップ上の補正内部抵抗値Ram0は、この放電量の値Ah0にそれぞれ対する実測内部抵

抗値Rm0と前回内部抵抗値Rambefore0との比（ $Rm0/Rambefore0$ ）と、この放電量値Ah0に対する前回Ramマップ上の補正内部抵抗値Ram0とを掛けたものとなる。

【0047】これにより、電池の劣化に起因する内部抵抗の増大を加味した今回の補正内部抵抗特性（Ramマップ）を得ることができる。この結果、通常の電池劣化による内部抵抗の増加はS120の内部抵抗軸の伸長で求め、放電終期における特異的な内部抵抗の増大はS114における放電軸の圧縮で求めることができる。

【0048】・メモリ効果による開放電圧低下の補正1（ステップS122、S124）

次のS122では、放電が直前の充電動作開始時点の放電量値Ahxにまで達したかどうかを調べ、達していなければS126へ進み、達していれば、現在の放電量Ahの今回値Ahxにおける開放電圧OCVの値（放電終了時点の開放電圧OCVm）と初期開放電圧特性上の現在の放電量Ahの今回値Ahxに対応する値との電圧差ΔVを、現在の放電量Ahの今回値Ahxとペアで記憶し（S124）、S126へ進む。これは、次の放電時に、この放電量Ahx以降の放電に対してメモリ効果による開放電圧OCVがΔVだけ低下することを記憶するためである。

【0049】・メモリ効果による開放電圧低下の補正2（ステップS126）

このステップでは、開放電圧特性の補正を行う。この開放電圧の補正は次のように行う。まず、直前の充電動作で充電がなされた放電範囲においては、メモリ効果による開放電圧OCVの低下が解消されたと考えて、初期開放電圧特性を今回の開放電圧特性とするとともに、この放電範囲において、いままでのS124で記憶した1乃至複数の上記ペアを消す。

【0050】次に、直前の充電動作で充電がなされなかった放電範囲においては、メモリ効果による開放電圧OCVの低下が残留していると考えて、この放電範囲においていままでのS124で記憶した放電終了時点の放電量値と電圧差ΔVとの1乃至複数のペアに基づいて、初期開放電圧特性（OCViniマップ）上の開放電圧OCVを示す軸線（開放電圧軸）を電圧減少方向に上記電圧差ΔVだけスライドさせて、補正開放電圧特性とする操作を行う。これにより、メモリ効果による起電圧の劣化を補正開放電圧特性に表すことができる。

【0051】なお、上記スライド操作は複数回実施されることが有り得る。たとえば、最初に満充電から放電量値100Ahまで放電し、その後、満充電してから放電量値70Ahまで放電し、次に満充電してから放電量値50Ahまで放電した時点を考える。この時点では、放電量0Ahから70Ahまではほぼ開放電圧OCVは初期開放電圧に回復しているが、放電量値70Ahで電圧差ΔV1だけ初期開放電圧からの開放電圧OCVの低下

が生じており、放電値 100Ah で電圧差 ΔV_2 だけ初期開放電圧からの開放電圧 OCV の低下が生じている。

【0052】したがって、この放電値 70Ah で電圧差 ΔV_1 だけ初期開放電圧をレベルシフトさせ、更に放電値 100Ah で電圧差 ΔV_2 だけ初期開放電圧をレベルシフトさせることにより今回の開放電圧特性を決定することができる。

・基準放電電力値での放電特性の演算 (S128)

次に、S114 又は S120 で求めた今回の補正内部抵抗特性及び S126 で求めた今回の補正開放電圧特性を用いて基準放電電力値での放電特性の演算を行う。なお、ここでいう基準放電電力値での放電特性とは、所定の基準放電電力 (ここでは 2kW) を放電する場合の電池の出力電圧 (放電電圧) V と放電値 Ah との関係を示す特性である。

【0053】更に説明すると、任意の放電値 Ah の値に対応する放電電圧 V は、この放電値 Ah の値に対応して補正開放電圧特性から求めた開放電圧値 OCV' と、この放電値 Ah の値に対応して補正内部抵抗特性から求めた内部抵抗値 R' から次の二次関数式により算出される。ただし、W は基準放電電力値、A はこの放電値 Ah における放電電流値である。

【0054】

$$V = OCV' - R' \cdot A = OCV' - R' \cdot W / V$$

・残存容量の演算 (S130)

このステップでは、S128 で求めた所定の基準放電電力 (ここでは 2kW) での放電特性を、放電値 Ah の今回値 Ahm から電池がもはや所定の基準放電電力で放電できない放電値まで積分して、基準放電電力放電可能な残存容量を求め、メインルーチンにリターンする。

(実施例の効果) 上記説明したこの実施例では、内部抵抗特性と開放電圧特性とに基づいて求めた放電特性から残存容量を求めるので、従来より正確に残存容量を算出することができる。

【0055】すなわち、メモリ効果を有する電池では、メモリ効果による残存容量の減少は内部抵抗の増大ではなく開放電圧の低下で表現でき、電池劣化による残存容量の減少は開放電圧の低下ではなく内部抵抗の増大で表現できることが、前述した本出願人出願の従来技術で示されている。ここで重要なことは、内部抵抗が放電値又は残存容量に応じて、更に正確に言えば、満充電量に対する放電値又は残存容量に応じてある関数で変化する値であり、この関数変化を補償するには、この関数によって放電電圧-放電容量を示す放電特性の放電値軸の圧縮

を行うことが要求される。一方、メモリ効果による開放電圧の低下は各放電値の値に対して一定であり、この一定の開放電圧低下を補償するには、この放電電圧に占める開放電圧低下量だけ、放電電圧-放電容量を示す放電特性の放電値軸のレベルダウンを行う必要がある。

【0056】しかし、前述した本出願人出願の従来技術では、ある放電値で生じた直前の充電前の放電における放電電圧と、同一の放電値で生じた今回計測した放電電圧との電圧差のうち、メモリ効果に起因する成分 (レベルシフトすべき電圧成分) と、電池劣化に起因する成分 (放電値軸圧縮で補償すべき電圧成分) との割合が不明であり、正確に上記レベルシフト補償と、容量軸圧縮補償とを実施できず、それが残存容量演算誤差となることである。

【0057】これに対し、この実施例では、内部抵抗特性と開放電圧 OCV 特性とを用いることにより、電池劣化による内部抵抗増大を、放電値軸の圧縮又は内部抵抗軸の伸長で正確に対応し、かつ、メモリ効果による開放電圧低下を、開放電圧軸のスライドで正確に対応するので、現時点以降の残存容量を、初期開放電圧特性と初期内部抵抗特性のペア、又は、前回開放電圧特性と前回内部抵抗特性のペアと、実測した開放電圧値及び内部抵抗値に基づいて、正確に求めることができる。

【0058】更に、電池の劣化が進行すると、電池の放電終期において内部抵抗が急激に増大する現象に対してはそれを判別して対処しているので、一層正確に残存容量を演算することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の電池の残存容量演算装置の一実施例を示すブロック図である。

【図 2】放電値 Ah と放電電圧 V との関係を示す模式特性図である。

【図 3】放電値 Ah と内部抵抗 r との関係を示す模式特性図である。

【図 4】放電値 Ah と開放電圧マップ OCV との関係を示す模式特性図である。

【図 5】残存容量演算処理 1 を示すフローチャートである。

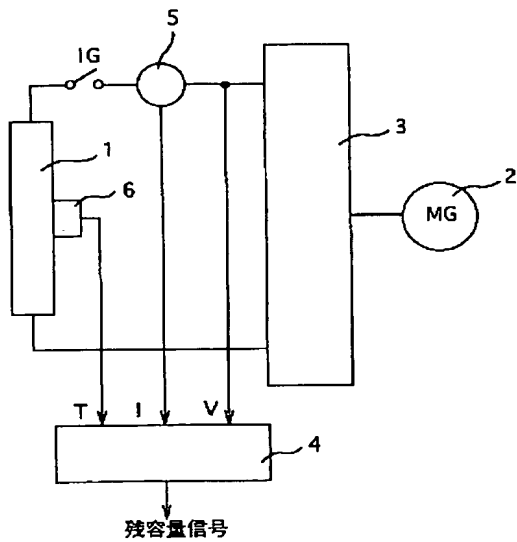
【図 6】残存容量演算処理 2 を示すフローチャートである。

【図 7】残存容量演算処理 2 を示すフローチャートである。

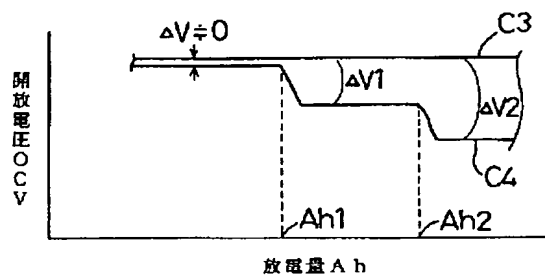
【符号の説明】

1 は電池、4 はコントローラ、5 は電流センサ

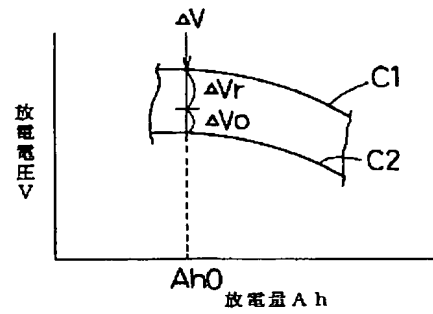
【図1】



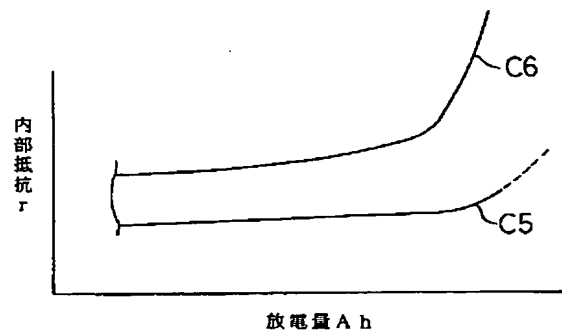
【図3】



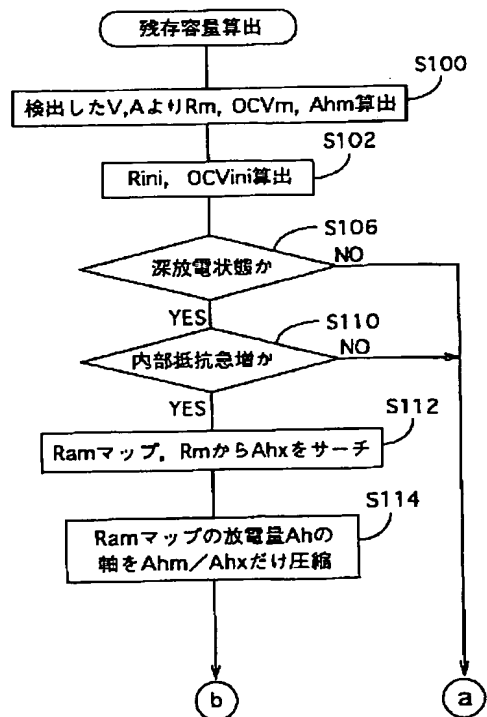
【図2】



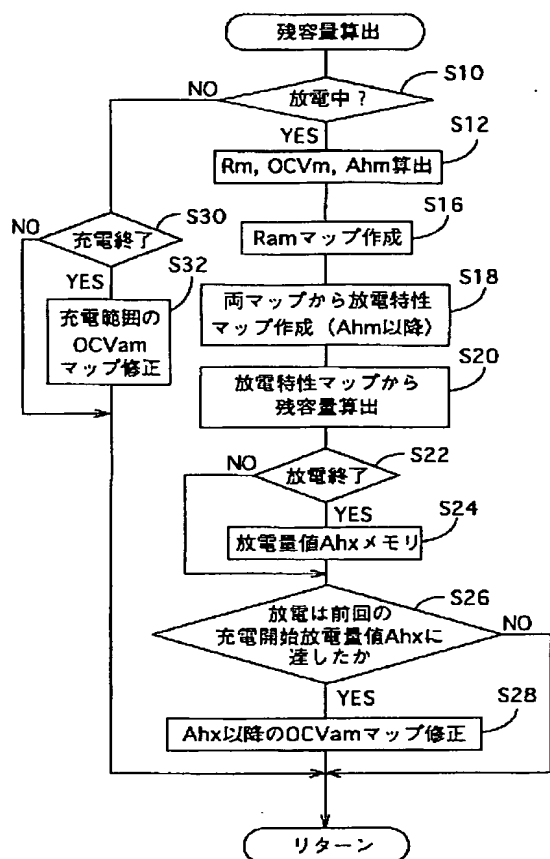
【図4】



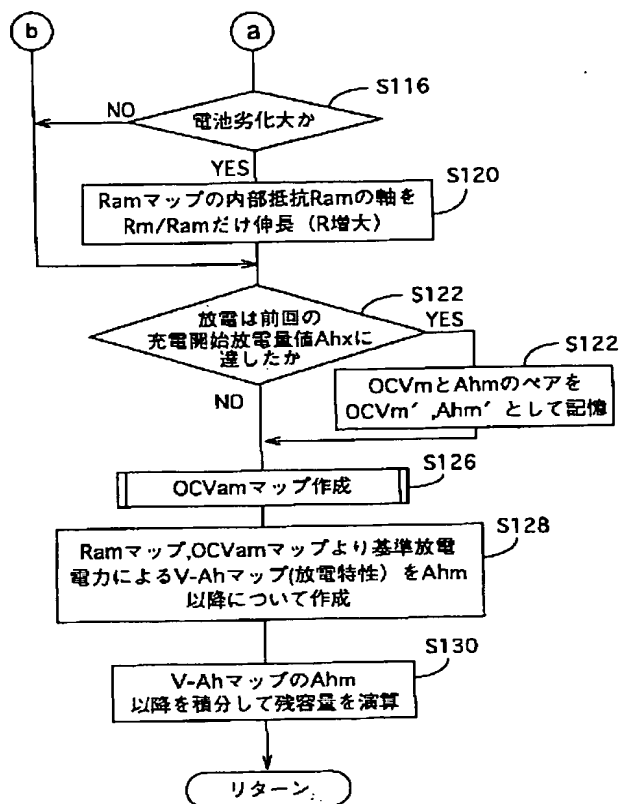
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G016 CA03 CB06 CB11 CB12 CB13
 CB21 CB22 CC01 CC03 CC04
 CC27
 5G003 CA01 CA11 CB01 CB07 EA05
 EA09 GC04 GC05
 5H030 AA08 AS08 FF42 FF44
 5H115 PA14 PG04 PI16 PU21 QN03
 TI02 TI05 TI06 T005
 5H420 CC03 DD03 EB26 EB39 FF04
 FF14 FF22 LL10